

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/016321 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C07F 9/6574

(74) Gemeinsamer Vertreter: OXENO OLEFIN-
CHEMIE GMBH; Intellectual Property Management,
Patente-Marken, Bau 1042 - PB 15, 45764 Marl (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/09050

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. August 2002 (13.08.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 40 086.1 16. August 2001 (16.08.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): OXENO OLEFINCHEMIE GMBH [DE/DE];
Paul-Baumann-Strasse 1, Marl 45772 (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SELENT, Detlef
[DE/DE]; Andermacher Strasse 2, 10318 Berlin (DE).
BÖRNER, Armin [DE/DE]; Im Winkel 40, 18059
Rostock (DE). BORGMANN, Cornelia [DE/DE]; Re-
itzensteinstrasse 8, 45657 Recklinghausen (DE). HESS,
Dieter [DE/DE]; Paul-Schneider-Strasse 16, 45770 Marl
(DE). WIESE, Klaus-Diether [DE/DE]; Tuchmacherweg
8, 45721 Haltern (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

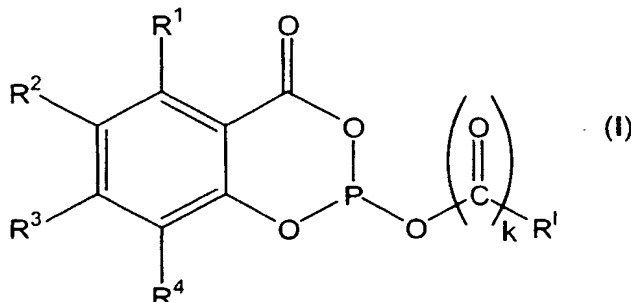
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: NOVEL PHOSPHITE COMPOUNDS AND NOVEL PHOSPHITE METAL COMPLEXES

(54) Bezeichnung: NEUE PHOSPHITVERBINDUNGEN UND NEUE PHOSPHITMETALLKOMPLEXE



(57) Abstract: The invention relates to phosphites of for-
mula (I) and phosphite metal complexes, the production
thereof, and the use thereof in catalytic reactions, espe-
cially in methods for hydroformylation of olefins.

(57) Zusammenfassung: Es werden Phosphite gemäss
Formel I (I) und Phosphitmetallkomplexe, deren Herstel-
lung, sowie deren Verwendung in katalytischen Reakti-
onen, insbesondere in Verfahren zur Hydroformylierung
von Olefinen beschrieben.

WO 03/016321 A2

NEUE PHOSPHITVERBINDUNGEN UND NEUE PHOSPHITMETALLKOMPLEXE

Die vorliegende Erfindung betrifft neue Phosphitverbindungen und neue Phosphitmetallkomplexe, sowie deren Verwendung in katalytischen Reaktionen.

5

- Die Reaktionen zwischen Olefinverbindungen, Kohlenmonoxid und Wasserstoff in Gegenwart eines Katalysators zu den um ein C-Atom reicheren Aldehyden ist als Hydroformylierung (Oxierung) bekannt. Als Katalysatoren in diesen Reaktionen werden häufig Verbindungen der Übergangsmetalle der 8. bis 10. Gruppe des Periodensystems der Elemente verwendet, insbesondere Verbindungen des Rhodiums und des Kobalts. Die Hydroformylierung mit Rhodiumverbindungen bietet im Vergleich zur Katalyse mit Kobaltverbindungen in der Regel den Vorteil höherer Selektivität und ist damit meistens wirtschaftlicher. Bei der durch Rhodium katalysierten Hydroformylierung werden zumeist Komplexe eingesetzt, die aus Rhodium und bevorzugt aus trivalenten Phosphorverbindungen als Liganden bestehen. Bekannte Liganden sind beispielsweise Verbindungen aus den Klassen der Phosphine, Phosphite und Phosponite. Eine Übersicht über Hydroformylierung von Olefinen findet sich in B. CORNILS, W. A. HERRMANN, "Applied Homogeneous Catalysis with Organometallic Compounds", Vol. 1&2, VCH, Weinheim, New York, 1996.

- Jedes Katalysatorsystem (Kobalt oder Rhodium) hat seine spezifischen Vorzüge. Je nach Einsatzstoff und Zielprodukt werden unterschiedliche Katalysatorsysteme verwendet. Arbeitet man mit Rhodium und Triphenylphosphin, lassen sich α -Olefine bei niedrigeren Drücken hydroformylieren. Als phosphorhaltiger Ligand wird in der Regel Triphenylphosphin im Überschuss verwendet, wobei ein hohes Ligand/Rhodium-Verhältnis erforderlich ist, um die Selektivität der Reaktion zum kommerziell erwünschten n-Aldehydprodukt zu erhöhen.

- US-A-4.694.109 und US-A-4.879.416 betreffen Bisphosphinliganden und ihren Einsatz in der Hydroformylierung von Olefinen bei niedrigen Synthesegasdrü-

cken. Besonders bei der Hydroformylierung von Propen werden mit Liganden dieses Typs hohe Aktivitäten und hohe n/i-Selektivitäten erreicht.

In WO-A-95/30680 werden zweizählige Phosphinliganden und ihr Einsatz in der
5 Katalyse, unter anderem auch in Hydroformylierungsreaktionen, beschrieben.

Ferrocenverbrückte Bisphosphine werden beispielsweise in US-A-4.169.861, US-A-4.201.714 und US-A-4.193.943 als Liganden für Hydroformylierungen offenbart.

10

Der Nachteil von zweizähligen Phosphinliganden ist die relativ aufwendige Herstellung. Daher ist es oftmals nicht rentabel, solche Systeme in technischen Prozessen einzusetzen.

15 Rhodium-Monophosphit-Komplexe sind geeignete Katalysatoren für die Hydroformylierung von verzweigten Olefinen mit innenständigen Doppelbindungen, jedoch ist die Selektivität für endständig hydroformylierte Verbindungen gering. Aus EP-A-0 155 508 ist die Verwendung von bisarylensubstituierten Monophosphiten bei der rhodiumkatalysierten Hydroformylierung von sterisch
20 gehinderten Olefinen, z. B. Isobuten bekannt.

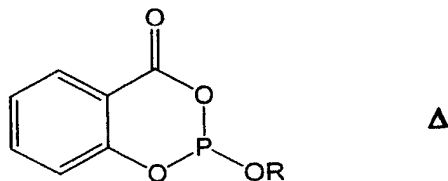
Rhodium-Phosphit-Komplexe katalysieren die Hydroformylierung von linearen Olefinen mit end- und innenständigen Doppelbindungen, wobei überwiegend endständig hydroformylierte Produkte entstehen, dagegen werden verzweigte
25 Olefine mit innenständigen Doppelbindungen nur in geringem Maße umgesetzt. Diese Phosphite ergeben bei ihrer Koordination an ein Übergangsmetallzentrum Katalysatoren von gesteigerter Aktivität, doch ist das Standzeitverhalten dieser Katalysatorsysteme, unter anderem wegen der Hydrolyseempfindlichkeit der Phosphitliganden, unbefriedigend. Durch den Einsatz von substituierten
30 Bisaryldiolen als Edukte für die Phosphitliganden, wie in EP-A-0 214 622 oder EP-A-0 472 071 beschrieben, konnten erhebliche Verbesserungen erreicht werden.

Der Literatur zufolge sind die Rhodiumkomplexe dieser Liganden äußerst aktive Hydroformylierungskatalysatoren für α -Olefine. In US-A-4,668,651, US-A-4,748,261 und US-A-4,885,401 werden Polyphosphitliganden beschrieben, mit denen α -Olefine, aber auch 2-Buten mit hoher Selektivität zu den terminal hydroformylierten Produkten umgesetzt werden können. In US-A-5,312,996 werden zweizählige Liganden dieses Typs auch zur Hydroformylierung von Butadien eingesetzt.

Obgleich die genannten Phosphite gute Komplexliganden für Rhodium-Hydroformylierungskatalysatoren sind, ist es wünschenswert, weitere leicht herstellbare Phosphite zur weiteren Verbesserung ihrer Wirksamkeit beispielsweise in der Hydroformylierung aufzufinden.

Phosphite mit Salicylsäure-Bausteinen gemäß Formel Δ

15



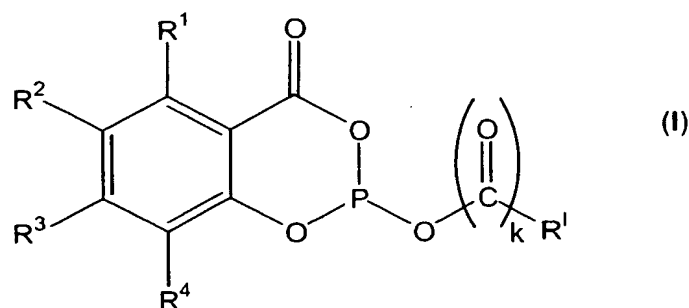
20

mit R = Alkyl, Aryl, Aralkyl, Alkenyl, Cycloalkyl, Acyl, C₆H₅ wurden in den Patenten JP 06025493, JP 2000038487 und JP 10081801 als Stabilisatoren für Kunststoffe beschrieben.

25 P. A. Kirpichnikov et al. zeigen die stabilisierenden Eigenschaften von Phosphiten mit Salicylsäure-Bausteinen im russischen Journal Vysokomol. Soedin., Ser. B (1970), 12 (3), 189-192.

Es wurde überraschend gefunden, dass Phosphite gemäß Formel I

30



wobei R^1 ausgewählt ist aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen gemischt
 5 aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, und gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen.

R^1 , R^2 , R^3 , und R^4 jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen,
 10 aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen. H, F, Cl, Br, I, $-CF_3$, $-CH_2(CF_2)_jCF_3$ mit $j = 0 - 9$, $-OR^9$, $-COR^9$, $-CO_2R^9$, $-CO_2M$, $-SR^9$, $-SO_2R^9$, $-SOR^9$, $-SO_3R^9$, $-SO_3M$, $-SO_2NR^9R^{10}$, $-NR^9R^{10}$, $-N=CR^9R^{10}$, wobei R^9 und R^{10}
 15 unabhängig voneinander aus H, einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen ausgewählt sind und M ein Alkalimetall-, formal ein halbes Erdalkalimetall-, Ammonium- oder Phosphoniumion ist.

oder benachbarte Reste R^1 bis R^4 zusammen ein kondensiertes substituiertes
 20 oder unsubstituiertes aromatisches, heteroaromatisches, aliphatisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder gemischt heteroaromatisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden;

und $k = 0$ oder 1 ist,

oder eine Phosphitmetallkomplexes, enthaltend ein Metall der 4., 5., 6., 7.,
 25 8., 9. oder 10. Gruppe des Periodensystems der Elemente und ein oder mehrere der Phosphite gemäß Formel I, in der Katalyse verwendet werden können.

Die vorliegende Erfindung ist vorzugsweise auf die Verwendung der Phosphite bzw. der Phosphitmetallkomplexe in der homogenen Katalyse, insbesondere bei der Hydroformylierung von Olefinen, gerichtet. Die Erfindung betrifft auch auf ein Verfahren zur Hydroformylierung von Olefinen.

5

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung sind die oben genannten Phosphitmetallkomplexe. Gegenstand der Erfindung sind weiterhin Phosphite gemäß Formel 1, unter der Voraussetzung, dass dann, wenn R^1 , R^2 , R^3 und R^4 jeweils ein H-Atom sind und $k = 0$ ist, R^1 keine Alkyl-, Aryl-, Aralkyl-, Alkenyl-, oder Cycloalkylgruppe ist und wenn R^1 , R^2 , R^3 und R^4 jeweils ein H-Atom sind und $k = 1$ ist, R^1 keine Alkyl- oder Arylgruppe ist.

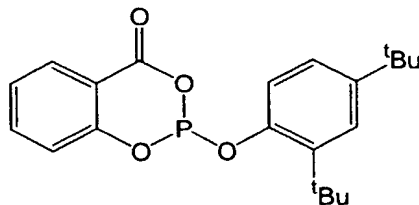
In einem bevorzugten Phosphit ist der Rest R^1 des Phosphits ausgewählt aus Aromaten oder Heteroaromaten, die unsubstituiert oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-CF_3$, $-CH_2(CF_2)_jCF_3$ mit $j = 0 - 9$, $-OR^9$, $-COR^9$, $-CO_2R^9$, $-CO_2M$, $-SR^9$, $-SO_2R^9$, $-SOR^9$, $-SO_3R^9$, $-SO_3M$, $-SO_2NR^9R^{10}$, $-NR^9R^{10}$, oder $-N=CR^9R^{10}$, substituiert sind, wobei R^9 , R^{10} und M wie zuvor definiert sind.

In einem ebenfalls bevorzugten Phosphit ist der Rest R^1 ausgewählt aus Aromaten oder Heteroaromaten, die ankondensierte aromatische, heteroaromatische und/oder aliphatische Ringe aufweisen, die unsubstituiert oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-CF_3$, $-CH_2(CF_2)_jCF_3$ mit $j = 0 - 9$, $-OR^9$, $-COR^9$, $-CO_2R^9$, $-CO_2M$, $-SR^9$, $-SO_2R^9$, $-SOR^9$, $-SO_3R^9$, $-SO_3M$, $-SO_2NR^9R^{10}$, $-NR^9R^{10}$, oder $-N=CR^9R^{10}$, substituiert sind, wobei R^9 , R^{10} und M wie zuvor definiert sind.

Weiterhin ist es bevorzugt, ein Phosphit zu verwenden, dessen Reste R^1 bis R^4 zusammen ein kondensiertes aromatisches, heteroaromatisches, aliphatisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder gemischt heteroaromatisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden, das unsubstituiert ist oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, oder $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, substituiert ist, wobei R^9 , R^{10} und M wie zuvor definiert sind.

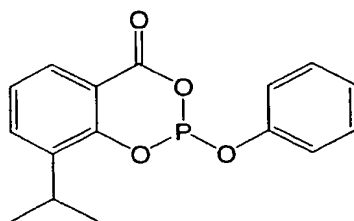
Repräsentative Phosphitliganden gemäß der Formel I zur erfindungsgemäßen Verwendung sind:

15



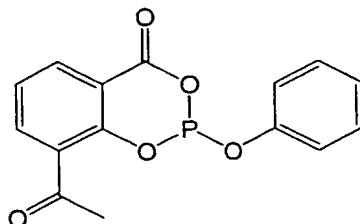
(A)

20



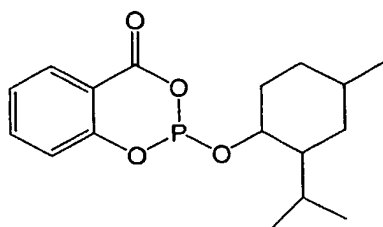
(B)

25

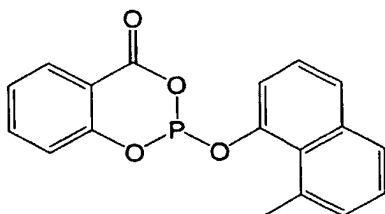


(C)

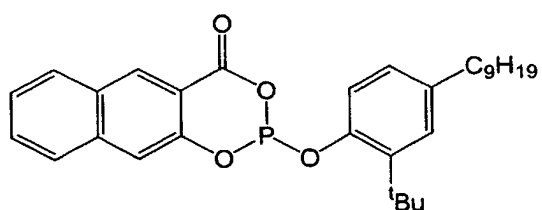
5



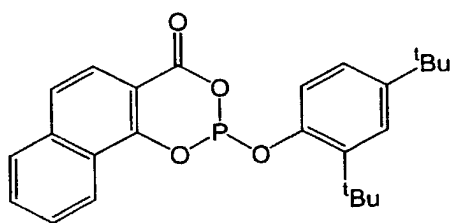
10



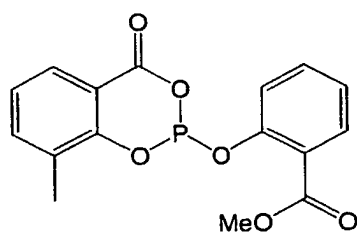
15



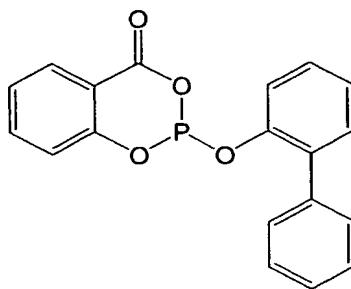
20



25

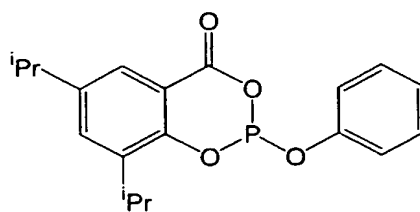


5



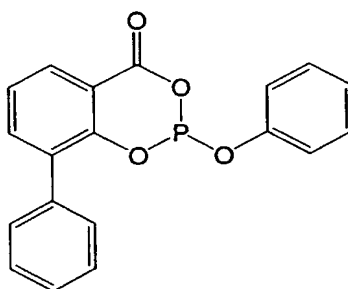
(J)

10



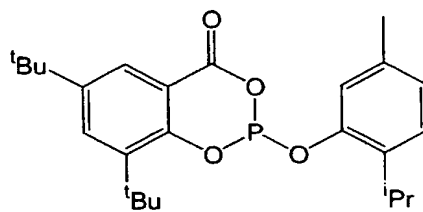
(K)

15



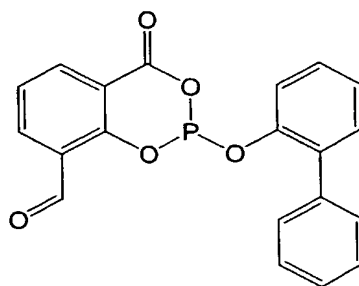
(L)

20



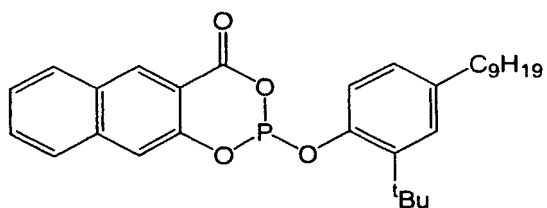
(M)

25

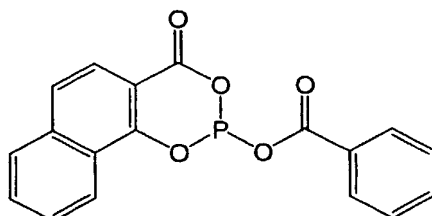


(N)

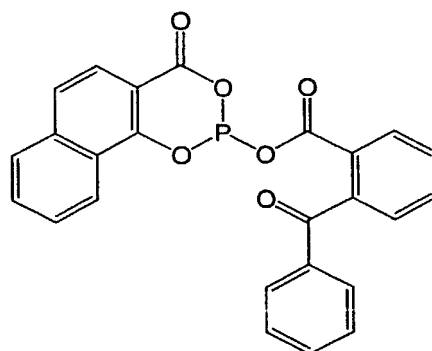
5



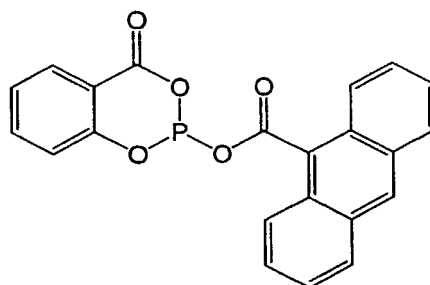
10



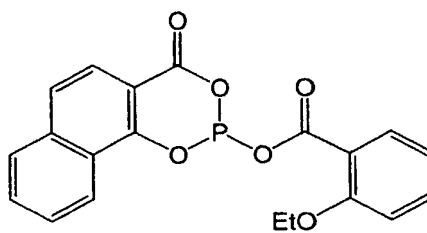
15



20



25

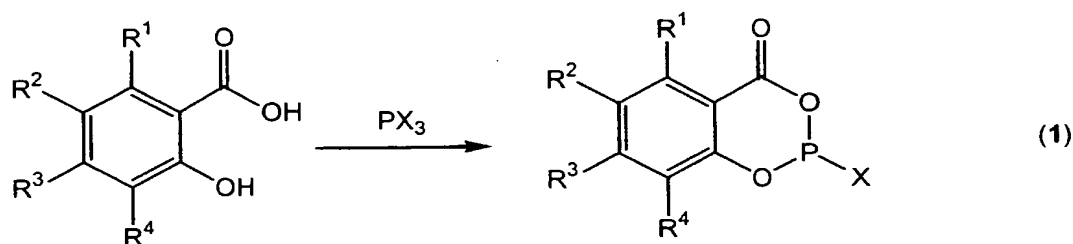


Die erfindungsgemäßen Phosphite zur Verwendung können durch eine Folge von
30 Reaktionen von Phosphorhalogeniden mit Alkoholen, Carbonsäuren und/oder α -

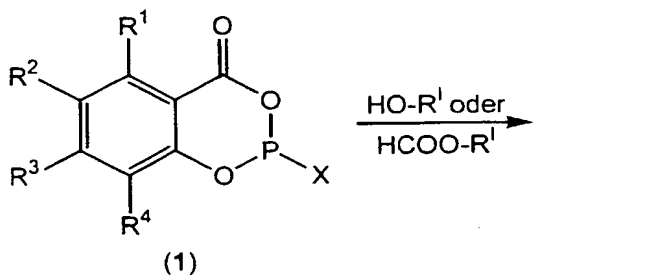
Hydroxyarylcarbonsäuren, bei denen Halogenatome am Phosphor gegen Sauerstoffgruppen ausgetauscht werden, hergestellt werden. Das grundsätzliche Vorgehen wird beispielhaft an einem Weg zu Verbindungen gemäß der allgemeinen Formel I illustriert:

- 5 In einem ersten Schritt wird eine α -Hydroxyarylcarbonsäure mit einem Phosphortrihalogenid PX_3 , wie etwa PCl_3 , PBr_3 und PJ_3 , vorzugsweise Phosphortrichlorid PCl_3 , in Gegenwart einer Base, die vorzugsweise in äquivalenten oder katalytischen Mengen eingesetzt wird, zu einem Halogendio-

10



- In einem zweiten Reaktionsschritt wird aus dem Halogendio-xaphosphorinon (1) durch Reaktion mit einem Alkohol $HO-R^I$ oder einer Carbonsäure $HOOC-R^I$ in
- 15 Gegenwart einer Base, die vorzugsweise in äquivalenten oder katalytischen Mengen eingesetzt wird, das gewünschte Phosphit gemäß Formel (I) erhalten, in dem $R^I = R^{II}$ ist. Im Falle der Umsetzung mit einem Alkohol ist k in dem Phosphit gemäß Formel (I) gleich 0, im Falle der Umsetzung mit einer Carbonsäure ist k gleich 1.



20

Die Reste R^1 bis R^4 und R^I haben die zuvor angegebenen Bedeutungen.

Da die eingesetzten Alkohole bzw. Carbonsäuren und ihre Folgeprodukte häufig fest sind, werden die Umsetzungen im Allgemeinen in Lösungsmitteln durchgeführt. Als Solventien werden nichtprotische Lösungsmittel, die weder mit den Alkoholen bzw. Carbonsäuren noch mit den Phosphorverbindungen reagieren, verwendet. Geeignete Lösungsmittel sind beispielsweise Tetrahydrofuran, Ether wie Diethylether oder MTBE (Methyl-tertiärbutylether) oder aromatische Kohlenwasserstoffe wie Toluol.

Bei der Umsetzung von Phosphorhalogeniden mit Alkoholen entsteht Halogenwasserstoff, der durch zugegebene Basen in äquivalenten oder in katalytischen Mengen gebunden wird. Beispielsweise werden dafür tertiäre Amine, wie Triethylamin, Pyridin oder N-Methylpyrrolidinon, eingesetzt. Teilweise ist es auch sinnvoll, die Alkohole vor der Reaktion in Metallalkoholate zu überführen, zum Beispiel durch Reaktion mit Natriumhydrid oder Butyllithium.

15

Die Phosphite sind geeignete Liganden zur Komplexierung von Metallen der 4., 5., 6., 7., 8., 9. oder 10. Gruppe des Periodensystems der Elemente. Die Komplexe können ein oder mehrere Phosphitliganden und gegebenenfalls weitere Liganden enthalten und sind als Katalysatoren geeignet, vorzugsweise bei der homogenen Katalyse. Beispiele für geeignete Metalle sind Rhodium, Kobalt, Iridium, Nickel, Palladium, Platin, Eisen, Ruthenium, Osmium, Chrom, Molybdän und Wolfram. Insbesondere mit Metallen der 8., 9. oder 10. Gruppe können die resultierenden Komplexe als Katalysatoren für Hydroformylierungs-, Carbonylierungs-, Hydrierungs- und Hydrocyanierungsreaktionen verwendet werden, besonders bevorzugt sind Rhodium, Kobalt, Nickel, Platin und Ruthenium. Beispielsweise ergeben sich in Hydroformylierungsreaktionen besonders bei Einsatz von Rhodium als Katalysatormetall hohe katalytische Aktivitäten. Die Katalysatormetalle kommen in Form von Salzen oder Komplexen zum Einsatz, im Falle von Rhodium z.B. Rhodiumcarbonyl, Rhodiumnitrat, Rhodiumchlorid, $\text{Rh}(\text{CO})_2(\text{acac})$ (acac = Acetylacetonat), Rhodiumacetat, Rhodiumoctanoat oder Rhodiumnonanoat.

Aus den Phosphitliganden und dem Katalysatormetall bildet sich unter Reaktionsbedingungen die aktive Katalysatorspezies für die homogene Katalyse, etwa bei der Hydroformylierung bei Kontakt mit Synthesegas ein Carbonylhydridphosphit-Komplex. Die Phosphite und gegebenenfalls weitere Liganden können
5 in freier Form zusammen mit dem Katalysatormetall (als Salz oder Komplex) in die Reaktionsmischung gegeben werden, um die aktive Katalysatorspezies in situ zu erzeugen. Es ist weiterhin auch möglich, einen Phosphitmetallkomplex, der die o. g. Phosphitliganden und das Katalysatormetall enthält, als Precursor für den eigentlichen katalytisch aktiven Komplex einzusetzen.
10 Diese Phosphitmetallkomplexe werden hergestellt, indem man man das entsprechende Katalysatormetall der 4. bis 10. Gruppe in elementarer Form oder in Form einer chemischen Verbindung mit dem Phosphitliganden umsetzt.

Als zusätzliche, im Reaktionsgemisch vorhandene Liganden können phosphorhaltiger Liganden, vorzugsweise Phosphine, Bisphosphite, Phosphonite oder
15 Phosphinite eingesetzt werden.

Beispiele für solche Liganden sind:

20 Phosphine: Triphenylphosphin, Tris(p-tolyl)phosphin, Tris(m-tolyl)phosphin, Tris(o-tolyl)phosphin, Tris(p-methoxyphenyl)phosphin, Tris(p-dimethylaminophenyl)phosphin, Tricyclohexylphosphin, Tricyclopentylphosphin, Triethylphosphin, Tri-(1-naphthyl)phosphin, Tribenzylphosphin, Tri-n-butylphosphin, Tri-t-butylphosphin.

25

Phosphite: Trimethylphosphit, Triethylphosphit, Tri-n-propylphosphit, Tri-i-propylphosphit, Tri-n-butylphosphit, Tri-i-butylphosphit, Tri-t-butylphosphit, Tris(2-ethylhexyl)phosphit, Triphenylphosphit, Tris(2,4-di-t-butylphenyl)phosphit, Tris(2-t-butyl-4-methoxyphenyl)phosphit, Tris(2-t-butyl-4-methylphenyl)phosphit, Tris(p-kresyl)phosphit. Außerdem sind sterisch gehinderte Phosphitliganden, wie sie unter anderem in EP-A-155 508,
30 US-A-4.668.651, US-A-4.748.261, US-A-4.769.498, US-A-4.774.361, US-A-

4,835,299, US-A-4,885,401, US-A-5,059,710, US-A-5,113,022, US-A-5,179,055, US-A-5,260,491, US-A-5,264,616, US-A-5,288,918, US-A-5,360,938, EP-A-472 071, EP-A-518 241 und WO-A-97/20795 beschrieben werden, geeignete Liganden.

5

Phosphonite: Methyl-diethoxyphosphin, Phenyl-dimethoxyphosphin, Phenyl-di-phenoxyphosphin, 2-Phenoxy-2H-dibenz[c,e][1,2]oxaphosphorin und dessen Derivate, in denen die Wasserstoffatome ganz oder teilweise durch Alkyl- und/oder Arylreste oder Halogenatome ersetzt sind und Liganden, die in WO-A-10 98/43935, JP-A-09-268152 und DE-A-198 10 794 und in den deutschen Patentanmeldungen DE-A-199 54 721 und DE-A-199 54 510 beschrieben sind.

Gängige Phosphinitliganden sind unter anderem in US-A-5,710,344, WO-A-95/06627, US-A-5,360,938 oder JP-A-07-082281 beschrieben. Beispiele hierfür 15 sind Diphenyl(phenoxy)phosphin und dessen Derivate, in denen die Wasserstoffatome ganz oder teilweise durch Alkyl- und/oder Arylreste oder Halogenatome ersetzt sind, Diphenyl(methoxy)phosphin und Diphenyl(ethoxy)phosphin.

Die Phosphite bzw. Phosphitmetallkomplexe können in Verfahren zur Hydroformylierung von Olefinen, bevorzugt mit 2 bis 25 Kohlenstoffatomen, zu den 20 entsprechenden Aldehyden eingesetzt werden. Hierbei werden bevorzugt Phosphitkomplexe mit Metallen der 8. Nebengruppe als Katalysator-Vorläufer verwendet.

25 Im Allgemeinen werden 1 bis 500 mol, vorzugsweise 1 bis 200 mol, bevorzugter 2 bis 50 mol des erfindungsgemäßen Phosphits pro mol Metall der 8. Nebengruppe eingesetzt.

30 Frischer Phosphitligand kann zu jedem Zeitpunkt der Reaktion zugesetzt werden, um die Konzentration an freiem Liganden konstant zu halten.

Die Konzentration des Metalls im Reaktionsgemisch liegt im Bereich von 1 ppm bis 1000 ppm, vorzugsweise im Bereich von 5 ppm bis 300 ppm, bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmischung.

- 5 Die mit den erfindungsgemäßen Phosphiten bzw. den entsprechenden Metallkomplexen durchgeführten Hydroformylierungsreaktionen erfolgten nach bekannten Vorschriften, wie z. B. in J. FALBE, "New Syntheses with Carbon Monoxide", Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Seite 95 ff., (1980) beschrieben. Die Olefinverbindung(en) wird (werden) in Gegenwart des Katalysa-
10 tors mit einem Gemisch aus CO und H₂ (Synthesegas) zu den um ein C-Atom reicheren Aldehyden umgesetzt.

- Die Reaktionstemperaturen für ein Hydroformylierungsverfahren mit den erfindungsgemäßen Phosphiten bzw. Phosphitmetallkomplexen als Katalysator
15 liegen vorzugsweise zwischen 40 °C und 180 °C und bevorzugter zwischen 75 °C und 140 °C. Die Drücke, unter denen die Hydroformylierung abläuft, betragen vorzugsweise 1 - 300 bar Synthesegas und bevorzugter 10 - 64 bar. Das Molverhältnis zwischen Wasserstoff und Kohlenmonoxid (H₂/CO) im Synthesegas beträgt vorzugsweise 10/1 bis 1/10 und bevorzugter 1/1 bis 2/1.

- 20 Der Katalysator bzw. der Ligand ist homogen im Hydroformylierungsgemisch, bestehend aus Edukten (Olefinen und Synthesegas) und Produkten (Aldehyden, Alkoholen, im Prozess gebildete Hochsieder), gelöst. Optional kann zusätzlich ein Lösungsmittel verwendet werden.

- 25 Aufgrund ihres relativ hohen Molekulargewichtes besitzen die erfindungsgemäßen Phosphite eine geringe Flüchtigkeit. Sie können daher einfach von den leichter flüchtigen Reaktionsprodukten abgetrennt werden. Sie sind in den gängigen organischen Solventien ausreichend gut löslich.

- 30 Die Edukte für die Hydroformylierung sind Olefine oder Gemische von Olefinen mit 2 bis 25 Kohlenstoffatomen mit end- oder innenständiger C=C-

Doppelbindung. Sie können geradkettig, verzweigt oder von cyclischer Struktur sein und auch mehrere olefinisch ungesättigte Gruppen aufweisen. Beispiele sind Propen; 1-Buten, cis-2-Buten, trans-2-Buten, Isobuten, Butadien. Mischungen der C₄-Olefine; C₅-Olefine wie 1-Penten, 2-Penten, 2-Methylbuten-1, 2-Methylbuten-2, 3-Methylbuten-1; C₆-Olefine wie 1-Hexen, 2-Hexen, 3-Hexen, das bei der Dimerisierung von Propen anfallende C₆-Olefingemisch (Dipropen); C₇-Olefine wie 1-Hepten, weitere n-Heptene, 2-Methyl-1-hexen, 3-Methyl-1-hexen; C₈-Olefine wie 1-Octen, weitere n-Octene, 2-Methylheptene, 3-Methylheptene, 5-Methylhepten-2, 6-Methylhepten-2, 2-Ethylhexen-1, das bei der Dimerisierung von Butenen anfallende isomere C₈-Olefingemisch (Dibuten); C₉-Olefine wie 1-Nonen, weitere n-Nonene, 2-Methyloctene, 3-Methyloctene, das bei der Trimerisierung von Propen anfallende C₉-Olefingemisch (Tripropen); C₁₀-Olefine wie n-Decene, 2-Ethyl-1-octen; C₁₂-Olefine wie n-Dodecene, das bei der Tetramerisierung von Propen oder der Trimerisierung von Butenen anfallende C₁₂-Olefingemisch (Tetrapropen oder Tribututen), C₁₄-Olefine wie n-Tetradecene, C₁₆-Olefine wie n-Hexadecene, das bei der Tetramerisierung von Butenen anfallende C₁₆-Olefingemisch (Tetrabuten) sowie durch Cooligomerisierung von Olefinen mit unterschiedlicher C-Zahl (bevorzugt 2 bis 4) hergestellte Olefingemische, gegebenenfalls nach destillativer Trennung in Fraktionen mit gleicher oder ähnlicher C-Zahl. Ebenfalls können Olefine oder Olefingemische, die durch Fischer-Tropsch-Synthese erzeugt werden, eingesetzt werden, sowie Olefine, die durch Oligomerisierung von Ethen erhalten werden oder die über Methathesereaktionen oder Telomerisationsreaktion zugänglich sind.

25

Bevorzugte Edukte sind allgemein α -Olefine wie Propen, 1-Buten, 2-Buten, 1-Hexen, 1-Octen, sowie Dimere und Trimere des Butens (Dibuten, Di-n-buten, Di-iso-buten, Tribututen).

30

Die Hydroformylierung kann kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt werden. Beispiele für technische Ausführungen sind Rührkessel, Blasen-

säulen, Strahldüsenreaktoren, Rohrreaktoren, oder Schlaufenreaktoren, die zum Teil kaskadiert und/oder mit Einbauten versehen sein können.

Die Reaktion kann durchgehend oder in mehreren Stufen erfolgen. Die Trennung
5 der entstandenen Aldehydverbindungen und des Katalysators kann durch eine
herkömmliche Methode, wie Fraktionierung, durchgeführt werden. Technisch
kann dies beispielsweise über eine Destillation, über einen Fallfilmverdampfer
oder einen Dünnschichtverdampfer erfolgen. Die gilt besonders, wenn der
Katalysator in einem hochsiedenden Lösungsmittel gelöst von den niedriger
10 siedenden Produkten abgetrennt wird. Die abgetrennte Katalysatorlösung kann
für weitere Hydroformylierungen verwendet werden. Bei Einsatz niederer
Olefine (z. B. Propen, Buten, Penten) ist auch ein Austrag der Produkte aus
dem Reaktor über die Gasphase möglich.

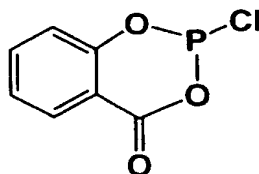
15 Die folgenden Beispiele veranschaulichen die vorliegende Erfindung.

Bei allen Beispielen wurde mit Standard-Schlenk-Technik unter Schutzgas
gearbeitet. Die Lösungsmittel wurden vor Gebrauch über geeigneten Trock-
nungsmitteln getrocknet.

20

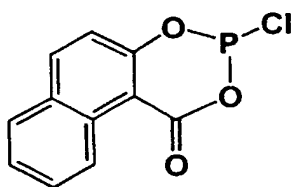
Chlorverbindung A

25



Chlorverbindung A (2-Chlor-4H-1,3,2-benzodioxaphosphorin-4-on) wurde von Fa.
Aldrich, Taufkirchen bezogen und verwendet wie geliefert.

30 Chlorverbindung B



5

Die Darstellung der Chlorverbindung B erfolgte ausgehend von 2-Hydroxy-1-naphthalincarbonsäure in Anlehnung an BE 667036, Farbwerke Hoechst AG, 1966 ;*Chem. Abstr.* 65 (1966) 13741d. Die nachfolgende Synthesebeschreibung verdeutlicht das Vorgehen:

10

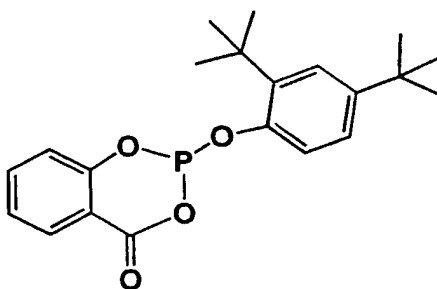
Umsetzung von 2-Hydroxy-1-naphthalincarbonsäure mit Phosphortrichlorid

In einem sekurierten 250 ml Schlenkrohr werden 9.22 g (0.049 mol) 2-Hydroxy-1-naphthalincarbonsäure, 200 ml getrocknetes Toluol und 0.48 g (0.005 mol) N-Methyl-2-pyrrolidinon vorgelegt. Zu dieser Mischung wird unter Rühren langsam 10.14 g (0.073 mol) Phosphortrichlorid zugegeben. Nach Anschluß des Schlenkrohres an eine Abgasleitung mit einem Gasdurchflußmesser wird die Reaktionsmischung vorsichtig auf 95 °C erhitzt und 5 h bei dieser Temperatur gehalten. Zur Aufarbeitung wird die Reaktionsmischung filtriert und das Lösemittel des Filtrats im Vakuum entfernt.

Ausbeute : 11.01 g (44.6 mmol), entsprechend 91.0 % der Theorie.

^{31}P -NMR (Toluol- D_8) : δ 150.9 ppm

Synthese der Phosphitverbindung (A)

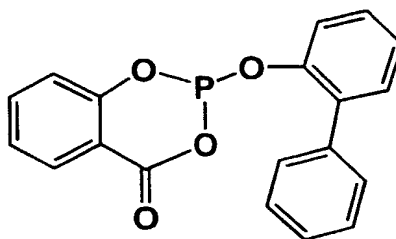


4.5 g 2,4-Di-*tert*-butylphenol (21.81 mmol) werden in 100 ml THF gelöst. Zu dieser Lösung tropft man bei -20°C 13.6 ml einer 1.6 mmol Lösung von *n*-Butyllithium in Hexan (21.81 mmol). Die erhaltene Lithiumphenolatlösung wird bei 0°C langsam zu 32.8 ml einer 0.665 M Lösung der Chlorverbindung A (21.81 mmol) in THF gegeben und die resultierende Mischung anschließend 1 h am Rückfluß gekocht. Nach Entfernen des Lösungsmittels im Vakuum erfolgt die Zugabe von 100 ml Hexan und Filtration. Entfernen des Lösungsmittels im Vakuum ergibt ein öliges Produkt.

- 10 Ausbeute : 6.58 g (17.669 mmol), entsprechend 81.2 % der Theorie
Elementaranalyse (ber. für $C_{21}H_{25}O_4P$; $M = 372.39$ g/Mol) : C 68.05 (67.73) ; H 6.96 (6.77) ; P 7.98 (8.32) %
 ^{31}P -NMR (Toluol- D_8) : δ 119.8 ppm. EI-MS (70 eV) : 372 (38 %, M^+), 357 (100 %)

15

Synthese der Phosphitverbindung (J)



- 3.617 g 2-Phenylphenol (21.25 mmol) werden in 100 ml THF gelöst. Zu dieser Lösung tropft man bei -20°C 13.28 ml einer 1.6 M Lösung von *n*-Butyllithium in Hexan (21.25 mmol). Die erhaltene Lithiumphenolatlösung wird bei 0°C langsam zu 32.0 ml einer 0.665 M Lösung der Chlorverbindung A (21.25 mmol) in THF gegeben und die resultierende Mischung anschließend 1 h am Rückfluß gekocht. Nach Entfernen des Lösungsmittels im Vakuum erfolgt die Zugabe von 80 ml Toluol und Filtration. Das Filtrat wird im Vakuum vollständig vom Lösungsmittel befreit. Es wird ein öliges Produkt erhalten.

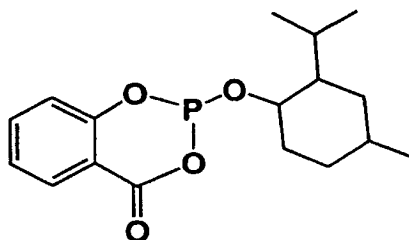
Ausbeute : 5.80 g (17.24 mmol), entsprechend 81.7 % der Theorie

Elementaranalyse (ber. für $C_{19}H_{13}O_4P$; $M = 336.28$ g/Mol) : C 68.24 (67.86) ;
H 4.02 (3.90) ; P 9.66 (9.21) %

^{31}P -NMR (CD_2Cl_2) : δ 118.4 ppm. EI-MS (70 eV) : 335 (42 %, M^+), 167 (100 %.

5 $M^+ - OC_6H_4 - o - C_6H_5$)

Synthese der Phosphitverbindung (D)



4.155 g Menthol (26.59 mmol) werden in THF (100 ml) gelöst und unter Argon
10 bei -20 °C mit 16.6 ml einer 1.6 M Lösung von n-Butyllithium in n-Hexan
(26.59 mmol) versetzt. Die Lithiummenthylatlösung wird nach Erwärmen auf
Raumtemperatur zu einer auf 0 °C gekühlten Lösung von 5.385 g der Chlorphos-
phorverbindung A (26.59 mmol) in THF (30 ml) gegeben. Die Reaktionsmischung
wird abschließend 1 h am Rückfluss erhitzt, im Vakuum zur Trockne eingeeengt
15 und in 100 ml Hexan aufgenommen. Filtration und Entfernen des Lösungsmittels
im Vakuum ergeben das Produkt als hellgelbes Öl.

Ausbeute : 6.48 g (20.1 mmol) entsprechend 75 % der Theorie.

^{31}P -NMR (CD_2Cl_2) : δ 127.4 ppm . EI-MS (70 eV) $m/e = 323$ (2 %, $M^+ + H$) ; 167 (33
%) ; 138 (92 %) ; 83 (100 %).

20 Hydroformylierung von 1-Octen und Di-n-Buten unter Verwendung der Phosphit-
verbindungen (A), (J) und (D)

Die Hydroformylierungsversuche wurden in einem mit Druckkonstanthaltung,
Gasflussmessung, Begasungsrührer und Druckpipette ausgestatteten 200 ml
25 Autoklaven der Fa. Buddeberg, Mannheim, durchgeführt. In dem Autoklaven
wurden unter Argonatmosphäre 10 ml einer Lösung des Rhodiums in Form von

[Rh(1,5-cyclooctadien)acac] (acac = Acetylacetonat-Anion) (0,604 mM bei 1-Octen bzw. 6,04 mM bei Di-*n*-Buten) als Katalysatorvorstufe mit der entsprechenden Menge der in Toluol gelösten Phosphitverbindungen gemischt und mit Toluol auf 41 ml aufgefüllt. In die Druckpipette wurden 15 ml 1-Octen bzw. Di-*n*-Buten eingespeist. Nach Austausch der Argonatmosphäre durch Spülen mit Synthesegas (CO/H₂ 1:1) wurde das Rhodium-Ligand-Gemisch unter Rühren (1500 U/min) bei einem Synthesegasdruck von 30-33 bar bei 1-Octen bzw. 11-13 bar bei Di-*n*-Buten auf 100 °C bei 1-Octen bzw. 120°C bei Di-*n*-Buten aufgeheizt. Bei Erreichen der gewünschten Reaktionstemperatur wurde der Synthesegasdruck auf 50 bar bei 1-Octen bzw. 20 bar bei Di-*n*-Buten erhöht und Olefin zugegeben. Die Reaktion wurde bei konstantem Druck (Nachdruckregler der Fa. Bronkhorst (NL)) über 3 h bei 1-Octen bzw. 6 h bei Di-*n*-Buten geführt. Der Autoklav wurde nach Ablauf der Versuchszeit auf Raumtemperatur abgekühlt, entspannt und mit Argon gespült. Jeweils 1 ml der Autoklavenlösung bei 1-Octen bzw. 2 ml bei Di-*n*-Buten wurden mit 5 ml *n*-Pentan versetzt und gaschromatographisch analysiert.

Versuchsparameter für 1-Octen:

Rhodiumkonzentration = 14 ppm, Verhältnis Rh : Ligand : 1-Octen = 1 : 10 : 15700; T= 100 °C, p= 50 bar Synthesegas (CO/H₂ = 1 : 1), t= 3 h, Lösungsmittel : Toluol

Versuchsparameter für Di-*n*-Buten :

Rhodiumkonzentration = 140 ppm, Verhältnis Rh : Ligand : Di-*n*-Buten = 1 : 10 : 1570; T= 130 °C, p= 20 bar Synthesegas (CO/H₂ = 1 : 1), t= 6 h, Lösungsmittel : Toluol

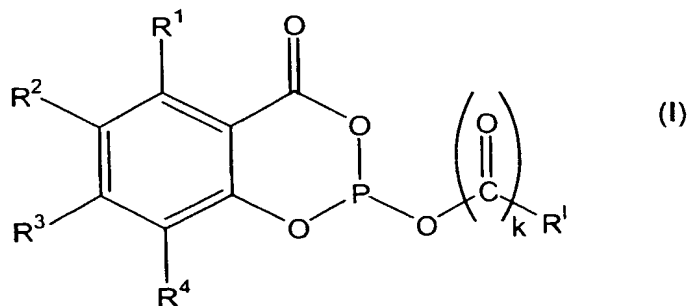
Tabelle: Hydroformylierung von 1-Octen und D-*n*-Buten

	<u>Phosphit (A)</u>	<u>Phosphit (J)</u>	<u>Phosphit (D)</u>
<u>1-Octen</u>			
Ausbeute (Mol%)	91	43	85
<i>n</i> -Selektivität(Mol%)	67.5	76.4	69.0
<u>Di-<i>n</i>-Buten</u>			
Ausbeute (Mol%)	42	8	26
<i>n</i> -Selektivität (Mol%)	49.8	43.8	38.5

Unter der Ausbeute ist die Gesamtausbeute an C₉-Aldehyden zu verstehen. Mit *n*-Selektivität wird das Verhältnis von endständig zu innenständig hydroformylierten C₉-Aldehyden bezeichnet.

PATENTANSPRÜCHE

1) Phosphit gemäß Formel I



5

wobei R^1 ausgewählt ist aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, und gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen.

10

R^1 , R^2 , R^3 , und R^4 jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen, H, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0$ bis 9, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, wobei R^9 und R^{10} unabhängig voneinander aus H, einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen ausgewählt sind und M ein Alkalimetall-, formal ein halbes Erdalkalimetall-, Ammonium- oder Phosphoniumion ist.

15

20

oder benachbarte Reste R^1 bis R^4 zusammen ein kondensiertes substituiertes oder unsubstituiertes aromatisches, heteroaromatisches, aliphatisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder gemischt heteroaromatisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden:

25

und $k = 0$ oder 1 ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

wenn R^1 , R^2 , R^3 und R^4 jeweils ein H-Atom sind und $k = 0$ ist, R^1 keine Alkyl-, Aryl-, Aralkyl-, Alkenyl-, oder Cycloalkylgruppe ist und wenn

5 R^1 , R^2 , R^3 und R^4 jeweils ein H-Atom sind und $k = 1$ ist, R^1 keine Alkyl- oder Arylgruppe ist.

2) Phosphit nach Anspruch 1, wobei der Rest R^1 des Phosphits ausgewählt ist aus Aromaten oder Heteroaromaten, die unsubstituiert oder mit mindestens
10 einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$,
15 $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, oder $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, substituiert sind, wobei R^9 , R^{10} und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

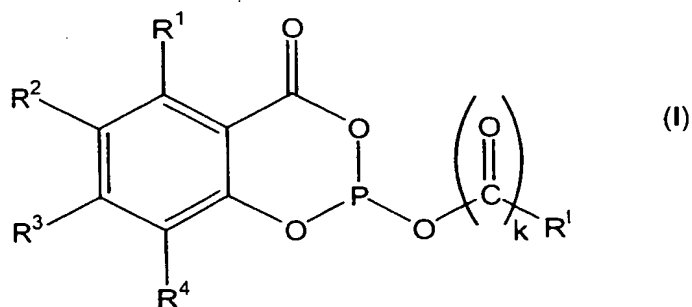
3) Phosphit nach Anspruch 1, wobei der Rest R^1 des Phosphits ausgewählt ist aus Aromaten oder Heteroaromaten, die ankondensierte aromatische, heteroaromatische und/oder aliphatische Ringe aufweisen, die unsubstituiert
20 oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25
25 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, oder $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, substituiert sind, wobei R^9 , R^{10} und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

30 4) Phosphit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei benachbarte Reste R^1 bis R^4 des Phosphits zusammen ein kondensiertes aromatisches, heteroaromatisches, aliphatisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder gemischt

heteroaromatisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden, das unsubstituiert ist oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, oder $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, substituiert ist, wobei R^9 , R^{10} und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

10

- 5) Phosphitmetallkomplex, enthaltend ein Metall der 4., 5., 6., 7., 8., 9. oder 10. Gruppe des Periodensystems der Elemente und ein oder mehrere Phosphite gemäß Formel I



15

wobei R^1 ausgewählt ist aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, und gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen.

20

R^1 , R^2 , R^3 , und R^4 jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 50 Kohlenstoffatomen, H, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0$

25

- R^9 , $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$,
 $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$, wobei R^9 und R^{10} unabhängig voneinander aus
 H, einwertigen substituierten oder unsubstituierten aliphatischen und
 aromatischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffatomen
 ausgewählt sind und M ein Alkalimetall-, formal ein halbes Erdalkali-
 metall-, Ammonium- oder Phosphoniumion ist,
 oder benachbarte Reste R^1 bis R^4 zusammen ein kondensiertes substitu-
 iertes oder unsubstituiertes aromatisches, heteroaromatisches, alipha-
 tisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder gemischt heteroaroma-
 tisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden;
 und $k = 0$ oder 1 ist.

6) Phosphitmetallkomplex nach Anspruch 5, wobei der Rest R^1 des Phosphits
 ausgewählt ist aus Aromaten oder Heteroaromaten, die unsubstituiert oder
 mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen,
 aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen,
 gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt alipha-
 tisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis 25 Kohlenstoffa-
 tomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$, $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$,
 $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$, $-\text{NR}^9\text{R}^{10}$, oder $-\text{N}=\text{CR}^9\text{R}^{10}$,
 substituiert sind, wobei R^9 , R^{10} und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

7) Phosphitmetallkomplex nach Anspruch 5, wobei der Rest R^1 des Phosphits
 ausgewählt ist aus Aromaten oder Heteroaromaten, die ankondensierte aro-
 matische, heteroaromatische und/oder aliphatische Ringe aufweisen, die
 unsubstituiert oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphati-
 schen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt alipha-
 tisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen,
 gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis
 25 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_j\text{CF}_3$ mit $j = 0 - 9$,
 $-\text{OR}^9$, $-\text{COR}^9$, $-\text{CO}_2\text{R}^9$, $-\text{CO}_2\text{M}$, $-\text{SR}^9$, $-\text{SO}_2\text{R}^9$, $-\text{SOR}^9$, $-\text{SO}_3\text{R}^9$, $-\text{SO}_3\text{M}$, $-\text{SO}_2\text{NR}^9\text{R}^{10}$.

-NR⁹R¹⁰, oder -N=CR⁹R¹⁰, substituiert sind, wobei R⁹, R¹⁰ und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

5 8) Phosphitmetallkomplex nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei benachbarte Reste R¹ bis R⁴ des Phosphits zusammen ein kondensiertes aromatisches, heteroaromatisches, aliphatisches, gemischt aromatisch-aliphatisches oder
10 gemischt heteroaromatisch-aliphatisches Ringsystem ausbilden, das unsubstituiert ist oder mit mindestens einem Rest, ausgewählt aus aliphatischen, alicyclischen, aromatischen, heteroaromatischen, gemischt aliphatisch-alicyclischen, gemischt aliphatisch-aromatischen, heterocyclischen, gemischt aliphatisch-heterocyclischen Kohlenwasserstoffresten mit 1 bis
15 50 Kohlenstoffatomen, F, Cl, Br, I, -CF₃, -CH₂(CF₂)_jCF₃ mit j = 0 - 9, -OR⁹, -COR⁹, -CO₂R⁹, -CO₂M, -SR⁹, -SO₂R⁹, -SOR⁹, -SO₃R⁹, -SO₃M, -SO₂NR⁹R¹⁰, -NR⁹R¹⁰, oder -N=CR⁹R¹⁰, substituiert ist, wobei R⁹, R¹⁰ und M wie in Anspruch 1 definiert sind.

9) Phosphitmetallkomplex nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei das Metall Rhodium, Platin, Palladium, Kobalt oder Ruthenium ist.

20 10) Verwendung eines Phosphits wie in einem der Ansprüche 5 bis 8 definiert oder eines Phosphitmetallkomplexes nach einem der Ansprüche 5 bis 9 in der Katalyse.

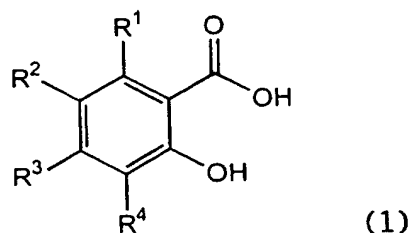
25 11) Verwendung eines Phosphits wie in einem der Ansprüche 5 bis 8 definiert oder eines Phosphitmetallkomplexes nach einem der Ansprüche 5 bis 9 in der homogenen Katalyse.

30 12) Verwendung eines Phosphits wie in einem der Ansprüche 5 bis 8 definiert oder eines Phosphitmetallkomplexes nach einem der Ansprüche 5 bis 9 in einem Verfahren zur Hydroformylierung von Olefinen.

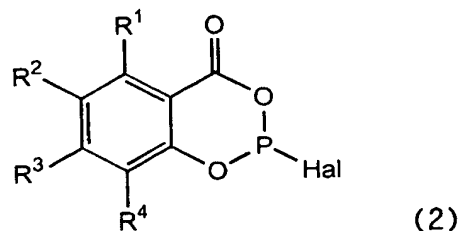
13) Verwendung nach Anspruch 12, wobei weitere phosphorhaltige Liganden anwesend sind.

14) Verfahren zur Hydroformylierung von Olefinen, umfassend die Umsetzung eines Monoolefins oder Monoolefingemisches mit einem Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff in Gegenwart eines Phosphits wie in einem der Ansprüche 5 bis 8 definiert oder eines Phosphitmetallkomplexes nach einem der Ansprüche 5 bis 9 .

15) Verfahren zur Herstellung eines Phosphits nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend
 10 Umsetzung einer α -Hydroxyarylcarbonsäure gemäß Formel (1)



15 mit PCl_3 , PBr_3 oder PI_3 in Gegenwart einer Base unter Ausbildung eines Halogendioxaphosphorinons gemäß Formel (2), wobei Hal = Cl, Br oder I, und



20

- (b) Umsetzung des Halogendioxaphosphorinons (2) in Gegenwart einer Base mit
- (i) einem Alkohol HO-R^1 , um ein Phosphit gemäß Formel (I) mit $k = 0$ oder

(ii) einer Carbonsäure HOOC-R^1 , um ein Phosphit gemäß Formel (I) mit $k = 1$ zu erhalten.

wobei R^1 bis R^4 , und R^1 wie in Anspruch 1 definiert sind.

- 5 16) Verfahren zur Herstellung eines Phosphitmetallkomplexes nach einem der Ansprüche 5 bis 9, umfassend die Umsetzung eines Metalls der 4., 5., 6., 7., 8., 9. oder 10. Gruppe des Periodensystems in elementarer Form oder in Form einer chemischen Verbindung mit einem Phosphit wie in einem der Ansprüche 5 bis 8 definiert.

THIS PAGE BLANK (USPTO)